

CVD reactor used in the production of the semiconductor wafers has upper and reactor chambers provided with a gas feed line and gas removal line

Patent number: DE19847101
Publication date: 2000-05-18
Inventor: HANSSON PER-OVE (DE)
Applicant: WACKER SILTRONIC HALBLEITERMAT (DE)
Classification:
- **international:** C23C16/455; C23C16/458; H01L21/203
- **european:** C23C16/48B; C30B25/14
Application number: DE19981047101 19981013
Priority number(s): DE19981047101 19981013

Also published

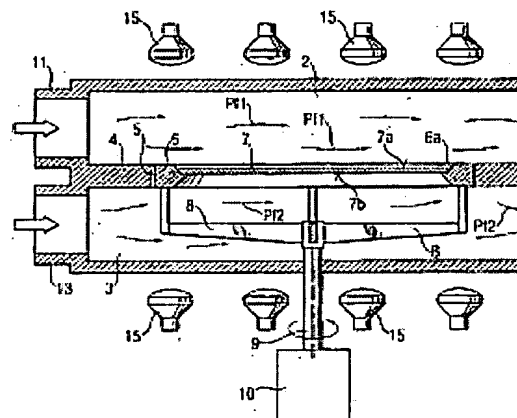


US63163

JP20001

Abstract of DE19847101

CVD reactor has an upper reactor chamber (2), a lower reactor chamber (3) and a separating wall (4) having a circular hole (5) in which a collar (6) is positioned for a wafer. The upper and lower reactor chambers are provided with a gas feed line (11, 13) and gas removal line (12, 14). An Independent claim is also included for a process for the production of a semiconductor wafer provided with an epitaxial layer comprising: (a) loading the reactor with an upper reactor chamber (2), a lower reactor chamber (3) and a separating wall (4) having a circular hole (5) in which a collar (6) is positioned for a wafer; (b) heating the wafer using a heat source; (c) depositing a protective layer on the back side of the wafer; (d) depositing an epitaxial layer on the front side of the wafer; and (e) removing the wafer with the epitaxial layer from the reactor.





19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 198 47 101 C 1

51 Int. Cl.⁷:
C 23 C 16/455
C 23 C 16/458
H 01 L 21/203

21 Aktenzeichen: 198 47 101.7-45
22 Anmeldetag: 13. 10. 1998
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 5. 2000

DE 198 47 101 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Wacker Siltronic Gesellschaft für
Halbleitermaterialien AG, 84489 Burghausen, DE

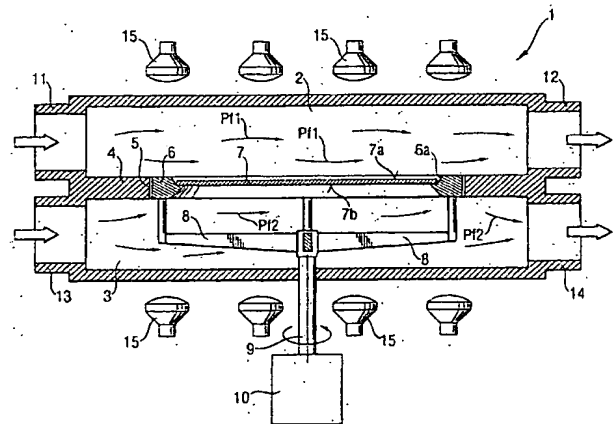
72 Erfinder:
Hansson, Per-Ove, Dr., 84524 Neuötting, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

EP 06 75 524 B1
EP 07 14 998 A2
EP 04 76 480 A1

54 CVD-Reaktor und Verfahren zur Herstellung einer mit einer epitaktischen Schicht versehenen Halbleiterscheibe

57 Die Erfindung betrifft einen CVD-Reaktor mit einer oberen Reaktorkammer (2), einer unteren Reaktorkammer (3) und einer Trennwand (4), die einen kreisförmigen Durchbruch (5) aufweist, in welchem ein Aufnahmekranz (6) für eine Scheibe positioniert ist, und ein Verfahren zur Herstellung einer epitaxierten Halbleiterscheibe, das durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:
a) Beladen eines CVD-Reaktors mit einer oberen Reaktorkammer (2), einer unteren Reaktorkammer (3) und einer Trennwand (4), die einen kreisförmigen Durchbruch (5) aufweist, in welchem ein Aufnahmekranz (6) für eine Scheibe positioniert ist, mit einer Halbleiterscheibe,
b) Erwärmen der Halbleiterscheibe mittels Heizquellen,
c) Abscheiden einer Schutzschicht auf der Rückseite der Halbleiterscheibe,
d) Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe,
e) Entladen des CVD-Reaktors von der epitaxierten Halbleiterscheibe.



DE 198 47 101 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen CVD-Reaktor und ein Verfahren zur Herstellung einer mit einer epitaktischen Schicht versehenen (epitaxierten) Halbleiterscheibe.

Das Kristallwachstum aus der Gasphase findet in der Halbleitertechnologie insbesondere für die Herstellung von epitaktisch beschichteten Halbleiterscheiben Anwendung. Unter Epitaxie versteht man das Aufwachsen einer einkristallinen Schicht auf die ebene Begrenzungsfläche eines einkristallinen Substrats, im allgemeinen einer Substratscheibe, beispielsweise einer Halbleiterscheibe. Diese Beschichtung oder Abscheidung erfolgt mittels der sogenannten chemischen Gasphasenabscheidung ("chemical vapor deposition" oder CVD) in CVD-Reaktoren, wie beispielsweise in EP 0 714 998 A2 beschrieben. Die Halbleiterscheibe wird dabei zunächst mittels Heizquellen erwärmt und anschließend einem Gasgemisch, nachfolgend als Prozeßgas bezeichnet, bestehend aus einem Quellengas, einem Trägergas und gegebenenfalls einem Dotiergas ausgesetzt. Als Quellengas wird beispielsweise Trichlorsilan und als Trägergas beispielsweise Wasserstoff eingesetzt. Die Dotiergase zur Dotierung der epitaktischen Schicht sind gasförmige Verbindungen, beispielsweise der III- oder VI-Hauptgruppe des Periodensystems. Diese Verbindungen, beispielsweise Phosphin oder Diboran zersetzen sich wie auch das Quellengas in der Nähe der erwärmten Scheibe. Die Fremdatome werden dann in dem Kristallgitter der epitaktischen Schicht eingelagert bzw. eingebaut. In der Regel sind Halbleiterscheibe (Substratscheibe) und epitaktische Schicht unterschiedlich dotiert, um einen scharfen Übergang in den elektrischen Eigenschaften zu erhalten; beispielsweise einen steilen Anstieg im Widerstandsprofil beim Übergang von der Substratscheibe zur epitaktischen Schicht.

Bei der Herstellung einer epitaktischen Schicht muß das sogenannte Autodoping unterdrückt werden. Unter Autodoping versteht man die unerwünschte Kontamination des Prozeßgases mit dem Substratdotierstoff (Dotierstoff der Halbleiterscheibe). Bei erhöhter Temperatur ist der Substratdotierstoff, aufgrund der Wärmebewegung in der Lage in dem Wirtskristallgitter zu wandern. Diese Wanderbewegung wird auch als Diffusion bezeichnet. Während der Abscheidung einer epitaktischen Schicht auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe kann der Substratdotierstoff über die Rückseite der Halbleiterscheibe ausdiffundieren. Diese gasförmige Verbindung vermischt sich mit dem Prozeßgas und wird in einem CVD-Prozeß abgeschieden, so daß sich schließlich der Dotierstoff der Halbleiterscheibe in der epitaktischen Schicht wiederfindet.

An dieser Stelle seien Vorder- und Rückseite einer Halbleiterscheibe definiert. Bevor auf einer Seite einer Halbleiterscheibe eine epitaktische Schicht abgeschieden wird, wird die Scheibe chemischen und/oder mechanischen Oberflächenbehandlungen, wie beispielsweise Läpp-, Polier- und Ätzbehandlungen, unterzogen. Die Vorderseite der Halbleiterscheibe, auf der zumindest eine epitaktische Schicht abgeschieden wird, ist hochglanzpoliert; die Rückseite dagegen ist beschichtet, beispielsweise mit polykristallinem Silicium und/oder Siliciumdioxid. Die Polysiliciumschichten dienen beispielsweise als extrinsischer Getter; die Oxidschichten beispielsweise als Schutzschicht.

Gemäß dem Stand der Technik sind verschiedenen Verfahren bekannt geworden, die einem Autodoping entgegenwirken. So läßt sich durch das Abscheiden, beispielsweise einer Oxid- oder einer mono- oder polykristallinen oder amorphen Schutzschicht auf der Rückseite der Halbleiterscheibe, das Ausdiffundieren von Substratdotierstoff während der Epitaxie verhindern.

In der Regel wird eine Oxidschicht verwendet, die in einem, der Epitaxie vorgeschalteten LTO-Prozeß (Low Temperature Oxide-Prozeß) abgeschieden wird. LTO-Prozesse sind aufgrund der relativ niedrigen Prozeßtemperaturen zeit-
aufwendig und teuer. Nach dieser Rückseitenbeschichtung findet sich das LTO (Low Temperature Oxide) aber auch auf den Scheibenkanten und zum Teil auch auf der Scheibenvorderseite, was Polier- und Epitaxierprozesse beeinträchtigt. Daher muß in einem folgenden Prozeßschritt das LTO auf den Kanten und der Vorderseite naßchemisch, vorzugsweise durch Ätzen, entfernt werden. Das Aufwachsen einer perfekten epitaktischen Schicht erfordert aber eine ebene Begrenzungsfläche, so daß nach der naßchemischen Behandlung die Vorderseite poliert werden muß.

Dem Fachmann ist bekannt, daß eine oxidische Schutzschicht auch erhältlich ist, indem die Halbleiterscheibe oxidierend wirkenden Gasen, wie beispielsweise Sauerstoff oder Ozon bei erhöhten Temperaturen ausgesetzt wird.

Nachteilig bei allen bekannten Verfahren zur Herstellung einer epitaxierten Halbleiterscheibe mit einer Schutzschicht zur Unterdrückung von Autodoping sind die zusätzlichen Prozeßschritte, die in unterschiedlichen Reaktoren, Behandlungsbädern und Polierstraßen durchzuführen sind.

Es bestand daher die Aufgabe, die Prozeßschritte für die Herstellung einer epitaxierten Halbleiterscheibe zu reduzieren, beziehungsweise den Herstellungsprozeß zu vereinfachen.

Gelöst wird die Aufgabe durch einen CVD-Reaktor zur Herstellung einer epitaxierten Halbleiterscheibe, der gekennzeichnet ist, durch eine obere Reaktorkammer (2), eine untere Reaktorkammer (3) und eine Trennwand (4), die einen kreisförmigen Durchbruch (5) aufweist, in welchem ein Aufnahmekranz (6) für eine Scheibe positioniert ist.

Gelöst wird die Aufgabe auch durch ein Verfahren zur Herstellung einer epitaxierten Halbleiterscheibe, das durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:

- a) Beladen eines CVD-Reaktors mit einer oberen Reaktorkammer (2), einer unteren Reaktorkammer (3) und einer Trennwand (4), die einen kreisförmigen Durchbruch (5) aufweist, in welchem ein Aufnahmekranz (6) für eine Scheibe positioniert ist, mit einer Halbleiterscheibe,
- b) Erwärmen der Halbleiterscheibe mittels Heizquellen,
- c) Abscheiden einer Schutzschicht auf der Rückseite der Halbleiterscheibe,
- d) Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe,
- e) Entladen des CVD-Reaktors von der epitaxierten Halbleiterscheibe.

Der erfindungsgemäße CVD-Reaktor verfügt über zwei unabhängige Reaktorkammern, wobei sich die Vorderseite der Halbleiterscheibe in der oberen Reaktorkammer und die Rückseite der Halbleiterscheibe in der unteren Reaktorkammer befindet.

Vorteilhaft ist, daß, insbesondere von der Rückseite der Halbleiterscheibe ausdiffundierender Substratdotierstoff, das die Vorderseite beströmende Prozeßgas nicht kontaminieren kann. Vorteilhaft ist auch, daß in nur einem CVD-Reaktor auf beiden Seiten einer Halbleiterscheibe unabhängig, gleichzeitig oder nacheinander epitaktische Schichten und/oder Schutzschichten abgeschieden werden können. Bevorzugte Schutzschichten sind beispielsweise $\text{Si}_x\text{N}_y\text{H}_z$ oder $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{H}_z$; eine besonders bevorzugte Schutzschicht ist Si_3N_4 , wobei die Schichten ein- oder polykristallin oder amorph sind. Wird mehr als eine Schutzschicht abgeschieden sind

Schichtfolgen aus polykristallinem und/oder monokristallinem Si bevorzugt.

Vor einer Beschichtung erfolgt zweckmäßigerweise eine Reinigung der beiden Reaktorkammern und der Oberflächen der Halbleiterscheibe. Bevorzugt werden dabei zunächst die Reaktorkammern mit Inertgas, beispielsweise mit Stickstoff gespült; anschließend werden die Oberflächen mit einem Ätzgas, beispielsweise Chlorwasserstoff behandelt, gefolgt von einer erneuten Spülung der Reaktorkammern mit einem Inertgas. Einer derartigen Reinigung können aber auch die Reaktorkammern einzeln oder gemeinsam ohne einer Halbleiterscheibe unterzogen werden, insbesondere dann, wenn die Reinigungsbedingungen der Halbleiterscheibe schaden könnten. Im Fall einer Einzelkammerreinigung ist ein geeignetes scheibenförmiges Hilfsmittel in dem CVD-Reaktor zu positionieren.

Nach der Reinigung wird zunächst eine Seite, bevorzugt die Rückseite der Halbleiterscheibe beschichtet. Mittels des erfindungsgemäßen CVD-Reaktors kann jede in der Halbleitertechnologie gebräuchliche Schicht, insbesondere jede Schutzschicht, wie beispielsweise eine Polysiliciumschicht, auf der Rückseite der Halbleiterscheibe durch einen CVD-Prozess abgeschieden werden. Während der Beschichtung der Rückseite der Halbleiterscheibe in der unteren Reaktorkammer kann die obere Prozeßkammer mit einem Inertgas gespült werden. Als zweckmäßig erweist sich auch ein Druckunterschied zwischen den Reaktorkammern; bevorzugt ist ein höherer Gasdruck in der oberen Reaktorkammer während in der unteren Reaktorkammer eine Beschichtung erfolgt.

Anschließend wird auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe zumindest eine epitaktische Schicht abgeschieden. Die in der Halbleitertechnologie eingesetzten Prozeßgase zur Abscheidung einer epitaktischen Schicht sind wohl bekannt. Als Spülgase finden bevorzugt Stickstoff, Argon oder Wasserstoff Verwendung. Als Trägergas für das Quellengas, wie beispielsweise für Trichlorsilan dient vorzugsweise Wasserstoff. Während der Abscheidung zumindest einer epitaktischen Schicht auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe in der oberen Reaktorkammer wird die untere Reaktorkammer mit Inertgas gespült.

Bevorzugt ist auch ein Verfahren zur Herstellung einer epitaxierten Halbleiterscheibe das durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:

- a) Beladen eines CVD-Reaktors mit einer oberen Reaktorkammer (2), einer unteren Reaktorkammer (3) und einer Trennwand (4), die einen kreisförmigen Durchbruch (5) aufweist, in welchem ein Aufnahmekranz (6) für eine Scheibe positioniert ist, mit einer Halbleiterscheibe,
- b) Erwärmen der Halbleiterscheibe mittels Heizquellen,
- c) gleichzeitiges Abscheiden einer Schutzschicht auf der Rückseite und einer epitaktischen Schicht auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe,
- d) Entladen des CVD-Reaktors von der epitaxierten Halbleiterscheibe.

Nach der Reinigung können auch die Rück- und die Vorderseite der Halbleiterscheibe gleichzeitig beschichtet werden, insbesondere durch die Abscheidung zumindest einer epitaktischen Schicht auf der Vorderseite und die Abscheidung zumindest einer Schutzschicht auf der Rückseite der Halbleiterscheibe.

Besonders bevorzugt ist, sowohl auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe in der oberen wie auch auf der Rückseite in der unteren Reaktorkammer zumindest eine epitaktische

Schicht abzuscheiden, indem nacheinander oder gleichzeitig in einer bestimmten Abfolge von Prozeßschritten verschiedene Prozeßgase in die beiden Reaktorkammern eingeleitet werden. Die Art der verwendeten Abscheide-, Dotier-, Träger- und Spülgase und das Abscheideprotokoll, das heißt die Dauer der Behandlung, die Abfolge der Prozeßschritte, sowie die Temperaturverhältnisse während der Behandlung und die Abscheideraten sind dem Fachmann beispielsweise aus "Epitaxial Silicon Technology, Ed. Jayant Baliga, Academic Press Inc. Orlando, Florida; 1986" bekannt.

Zweckmäßigerweise wird die Halbleiterscheibe während sämtlicher Beschichtungs- bzw. Abscheideverfahren mittels oberen und unteren Heizquellen, beispielsweise Lampen oder Lampenbänken zunächst erwärmt und dann auf einer bestimmten Temperatur bevorzugt zwischen 600 bis 1200°C gehalten.

Fig. 1 zeigt ein allgemeines Fließdiagramm zur Herstellung einer epitaxierten Halbleiterscheibe gemäß dem Stand der Technik (links) und gemäß der vorliegenden Erfindung (rechts).

Fig. 2 zeigt schematisch eine mögliche Ausführungsform eines erfindungsgemäßen CVD-Reaktors im Querschnitt.

Sämtliche Vorrichtungen, wie beispielsweise Gasverteilungsvorrichtungen oder Vorrichtungen für eine homogene Wärmebehandlung der Scheibe, über die, gemäß dem Stand der Technik, Reaktoren der o. g. Gattung verfügen, sind nicht dargestellt.

Der erfindungsgemäße CVD-Reaktor 1 verfügt über eine obere Reaktorkammer 2 und eine untere Reaktorkammer 3. Die Trennwand 4 zwischen den Reaktorkammern 2 und 3 weist einen kreisförmigen Durchbruch 5 auf, in welchem mit geringen Spiel ein Aufnahmekranz 6 für eine Halbleiterscheibe 7 positioniert ist. Der Aufnahmekranz 6 ist vorzugsweise über Speichen 8 mit einer Welle 9 verbunden, welche über einen Antrieb 10 rotierbar ist. Sowohl die obere Reaktorkammer 2 als auch die untere Reaktorkammer 3 ist mit einer Gaszuleitung 11 bzw. 13 und einer Gasableitung 12 bzw. 14 versehen, derart, daß die Vorderseite der Halbleiterscheibe 7a bzw. die Rückseite der Halbleiterscheibe 7b gemäß den Pfeilen Pf1 bzw. Pf2 beströmt werden kann. Der CVD-Reaktor 1 verfügt über mehrere Heizquellen 15, beispielsweise Lampen, zur Beheizung, insbesondere der Halbleiterscheibe. Der Aufnahmekranz 6 weist zur Positionierung der Halbleiterscheibe 7 vorzugsweise eine entsprechende Vertiefung 6a auf. Die Halbleiterscheibe 7 kann über einen nicht dargestellten Manipulator in der Vertiefung 6a positioniert und über eine nicht dargestellte Vorrichtung gesichert werden.

Die Vorderseite 7a und die Rückseite 7b der Halbleiterscheibe können unabhängig voneinander mit Gasen, wie beispielsweise Prozeß-, Spül- oder Ätzgasen beströmt werden, da die obere und die untere Reaktorkammer durch die Halbleiterscheibe 7 voneinander getrennt sind.

Patentansprüche

1. CVD-Reaktor zur Herstellung einer, mit einer epitaktischen Schicht versehenen Halbleiterscheibe, mit einer oberen Reaktorkammer (2), einer unteren Reaktorkammer (3) und einer Trennwand (4), die einen kreisförmigen Durchbruch (5) aufweist, in welchem ein Aufnahmekranz (6) für eine Scheibe positioniert ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß sowohl die obere Reaktorkammer (2) als auch die untere Reaktorkammer (3) mit einer Gaszuleitung (11) bzw. (13) und einer Gasableitung (12) bzw. (14) versehen ist, derart, daß die Vorderseite der Halbleiterscheibe (7a) bzw. die Rückseite der Halbleiterscheibe (7b) gemäß den Pfei-

len Pf1 bzw. Pf2 beströmt werden kann.

2. CVD-Reaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich eine Seite der Scheibe in der oberen Reaktorkammer (2) und die andere Seite in der unteren Reaktorkammer (3) befindet.

3. Verfahren zur Herstellung einer, mit einer epitaktischen Schicht versehenen Halbleiterscheibe das durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:

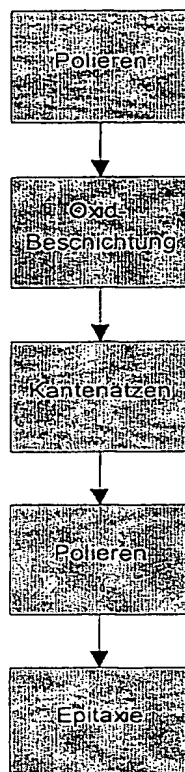
- a) Beladen eines CVD-Reaktors mit einer oberen Reaktorkammer (2), einer unteren Reaktorkammer (3) und einer Trennwand (4), die einen kreisförmigen Durchbruch (5) aufweist, in welchem ein Aufnahmekranz (6) für eine Scheibe positioniert ist, mit einer Halbleiterscheibe,
- b) Erwärmen der Halbleiterscheibe mittels Heizquellen,
- c) Abscheiden einer Schutzschicht auf der Rückseite der Halbleiterscheibe,
- d) Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe,
- e) Entladen des CVD-Reaktors von der, mit einer epitaktischen Schicht versehenen Halbleiterscheibe.

4. Verfahren zur Herstellung einer, mit einer epitaktischen Schicht versehenen Halbleiterscheibe das durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:

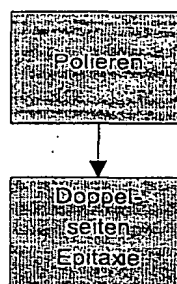
- a) Beladen eines CVD-Reaktors mit einer oberen Reaktorkammer (2), einer unteren Reaktorkammer (3) und einer Trennwand (4), die einen kreisförmigen Durchbruch (5) aufweist, in welchem ein Aufnahmekranz (6) für eine Scheibe positioniert ist, mit einer Halbleiterscheibe,
- b) Erwärmen der Halbleiterscheibe mittels Heizquellen,
- c) gleichzeitiges Abscheiden einer Schutzschicht auf der Rückseite und einer epitaktischen Schicht auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe,
- d) Entladen des CVD-Reaktors von der, mit einer epitaktischen Schicht versehenen Halbleiterscheibe.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Stand der Technik



Prozessfluss DSE



BEST AVAILABLE COPY

Fig. 1

Fig. 2

